

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 789**

51 Int. Cl.:

**G01N 7/00** (2006.01)

**F25B 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.08.2013 PCT/US2013/056449**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.05.2014 WO14065937**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2013 E 13759082 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 2912431**

54 Título: **Procedimiento de medición de concentraciones de mezclas de gas**

30 Prioridad:

**25.10.2012 US 201261718446 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**15.02.2021**

73 Titular/es:

**CARRIER CORPORATION (100.0%)  
1 Carrier Place  
Farmington, CT 06034, US**

72 Inventor/es:

**FENG, YINSHAN;  
VERMA, PARMESH y  
LOMBARDO, MARY TERESA**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 805 789 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de medición de concentraciones de mezclas de gas

## 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La materia descrita en el presente documento se refiere, en general, a procedimientos y aparatos para determinar concentraciones de mezclas de gases.

- 10 Con las modernas y sofisticadas técnicas analíticas químicas, como la cromatografía de gases acoplada a espectrometría, generalmente es posible determinar la composición de mezclas de gases con un grado de precisión relativamente elevado. Sin embargo, tales técnicas sofisticadas pueden requerir mucho tiempo y ser costosas, y a menudo se desean técnicas más simples, más rápidas, y/o menos costosas. En algunas situaciones, la identidad de los componentes en una mezcla de gases puede ya conocerse con una certeza razonable, y solo es necesario  
15 determinar las concentraciones de los componentes de la mezcla ya identificados.

Un ejemplo de esto es un sistema de refrigeración, tal como una enfriadora o un sistema de aire acondicionado que tiene un circuito de transferencia de calor con un refrigerante que fluye a través de este. En el pasado, los refrigerantes utilizados en los circuitos de transferencia de calor a menudo constaban de un solo compuesto, tal  
20 como R-12, R-22 o R-134a. Sin embargo, la creciente demanda de refrigerantes que puedan cumplir con especificaciones exigentes en una serie de parámetros, tales como rendimiento de transferencia de calor, potencial de agotamiento del ozono (ODP), potencial de calentamiento global (GWP), toxicidad, y/o inflamabilidad, han requerido mezclas de diferentes compuestos para su uso como refrigerantes con el fin de proporcionar el rendimiento deseado. Sin embargo, el uso de mezclas de refrigerantes puede ocasionar problemas en el monitoreo  
25 y mantenimiento del rendimiento del sistema de refrigeración. Por ejemplo, los sistemas de refrigeración pueden ser propensos a desarrollar fugas en el circuito refrigerante. Con un refrigerante a base de un solo compuesto, una pequeña fuga puede no tener un impacto adverso significativo en el rendimiento del sistema hasta que se haya fugado del sistema una cantidad sustancial de refrigerante. Sin embargo, con un refrigerante mezclado, una fuga puede causar fraccionamiento, lo que altera la composición de la mezcla de refrigerante que queda en el sistema y  
30 puede afectar negativamente las propiedades o el rendimiento del refrigerante. Por lo tanto, es deseable poder determinar la concentración de componentes en una mezcla refrigerante.

Se han realizado intentos de determinar las composiciones de mezclas de refrigerantes controlando el estado del refrigerante (por ejemplo, temperatura y presión) en diferentes ubicaciones del circuito de refrigerante. Por ejemplo,  
35 la Patente de Estados Unidos 6.079.217 describe un sistema de refrigeración que intenta determinar la composición de una mezcla ternaria de cuatro refrigerantes midiendo los estados del refrigerante (por ejemplo, presión y temperatura) en la entrada y salida del dispositivo de expansión, de modo que la composición de la mezcla se puede determinar mediante el supuesto isentálpico y el diagrama de equilibrio vapor-líquido. Sin embargo, tales intentos están sujetos a una serie de desventajas, tales como ser útiles solo para mezclas no azeotrópicas o la falta de  
40 portabilidad y requieren la instalación permanente de costosos sensores de temperatura y presión y subsistemas de control en cada sistema de refrigeración.

MARK B. SHIFLETT Y COL.: "Separation of Carbon Dioxide and Sulfur Dioxide Using Room Temperature Ionic Liquid [bmim][MeSO<sub>4</sub>]", ENERGY & FUELS, vol. 24, no. 2, 18 febrero de 2010 (2010-02-18), páginas 1001-1008,  
45 XP055080407, ISSN: 0887-0624, DOI: 10.1021/ef900997b muestra un procedimiento para separar dióxido de carbono y dióxido de azufre utilizando un líquido iónico a temperatura ambiente.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

50 En un aspecto de la invención, un procedimiento para medir la concentración de un compuesto sujeto identificado en una mezcla gaseosa que comprende el compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados comprende:

- (a) exponer un líquido que comprende un líquido iónico y/o un disolvente orgánico de baja presión de vapor a la  
55 mezcla gaseosa a una primera temperatura y una primera presión hasta que el líquido y la mezcla gaseosa estén en equilibrio, formando así una solución líquida que comprende el líquido iónico y/o el disolvente orgánico de baja presión de vapor, el compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos;
- (b) aislar la solución líquida de la mezcla gaseosa;
- (c) determinar una función de presión de vapor prevista de la solución líquida a una segunda temperatura en  
60 función de la concentración de cada uno de los compuestos sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados, donde la presión de vapor prevista de la solución líquida a una concentración molar dada de cada uno de los compuestos es igual a la suma de la presión de vapor de cada compuesto multiplicada por su porcentaje molar dado basándose en el número total de moles del compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados en solución en el líquido;
- (d) medir la presión de vapor de la solución líquida a la segunda temperatura;
- (e) comparar la presión de vapor medida de la solución líquida a la segunda temperatura con la presión de vapor  
65

prevista de la solución líquida a la segunda temperatura e identificar todos los perfiles de concentración molar del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido para el cual la presión de vapor medida es igual a la presión de vapor prevista;

5 (f) si más de un perfil de concentración molar del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido proporciona una presión de vapor prevista que es igual a la presión de vapor medida a la segunda temperatura, repetir las etapas (c) - (e) a diferentes temperaturas hasta que un único perfil de concentración molar proporcione una presión de vapor prevista que sea igual a la presión de vapor medida a cada una de las segundas temperaturas adicionales;

10 (g) convertir el único perfil de concentración resultante de la etapa (e) o la etapa (f) mediante la solubilidad en el líquido a la primera temperatura de cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto o compuestos identificados, respectivamente, en un perfil de concentración del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido resultante de la etapa (a);

15 (h) calcular una presión de vapor parcial para cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto o compuestos identificados en la mezcla gaseosa dividiendo el porcentaje molar de cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto identificado o compuestos en; y

20 (i) calcular un porcentaje molar del compuesto sujeto identificado en la mezcla gaseosa dividiendo la presión de vapor parcial del compuesto sujeto identificado de la etapa (h) por la suma de las presiones de vapor parciales para cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro u otros compuestos identificados de la etapa (h).

En aspecto adicional de la invención, un aparato para determinar la concentración de un compuesto sujeto identificado en una mezcla gaseosa comprende un recipiente que tiene un líquido en su interior, que comprende un líquido iónico y/o un disolvente orgánico de baja presión de vapor, un sensor de temperatura para medir la temperatura del líquido del recipiente, un sensor de presión para medir la presión de vapor del líquido y un puerto de  
25 muestreo en comunicación fluida interrumpible con el interior del recipiente.

En otro aspecto adicional de esta invención, el aparato comprende además un controlador configurado para

30 (a) comunicación fluida abierta entre el puerto de muestreo y el contenedor cuando el puerto de muestreo está conectado a la mezcla gaseosa para exponer el líquido del recipiente a la mezcla gaseosa a una primera temperatura y una primera presión hasta que el líquido y la mezcla gaseosa estén en equilibrio, formando así una solución líquida que comprende el líquido iónico y/o el disolvente orgánico de baja presión de vapor, el compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos;

35 (b) interrumpir la comunicación fluida entre el puerto de muestreo y el recipiente para aislar la solución líquida de la mezcla gaseosa;

40 (c) determinar una función de presión de vapor prevista de la solución líquida a una segunda temperatura, que puede ser igual o diferente a la primera temperatura, en función de la concentración de cada uno de los compuestos sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados, donde la presión de vapor prevista de la solución líquida a una concentración molar dada de cada uno de los compuestos es igual a la suma de la presión de vapor de cada compuesto multiplicada por su porcentaje molar dado basándose en el número total de moles del compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados en solución en el líquido;

45 (d) registrar una presión de vapor medida de la solución líquida detectada por el sensor de presión a la segunda temperatura;

50 (e) comparar la presión de vapor medida de la solución líquida a la segunda temperatura con la presión de vapor prevista de la solución líquida a la segunda temperatura e identificar todos los perfiles de concentración molar del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido para el cual la presión de vapor medida es igual a la presión de vapor prevista;

55 (f) si más de un perfil de concentración molar del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido proporciona una presión de vapor prevista que es igual a la presión de vapor medida a la segunda temperatura, repetir las etapas (c) - (e) a diferentes temperaturas hasta que un único perfil de concentración molar proporcione una presión de vapor prevista que sea igual a la presión de vapor medida a cada una de las segundas temperaturas adicionales;

60 (g) convertir el único perfil de concentración resultante de la etapa (e) o la etapa (f) mediante la solubilidad en el líquido a la primera temperatura de cada compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados, respectivamente, en un perfil de concentración del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido resultante de la etapa (a);

65 (h) calcular una presión de vapor parcial para cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto o compuestos identificados en la mezcla gaseosa dividiendo el porcentaje molar de cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto identificado o compuestos en; y

(i) calcular un porcentaje molar del compuesto sujeto identificado en la mezcla gaseosa dividiendo la presión de vapor parcial del compuesto sujeto identificado de la etapa (h) por la suma de las presiones de vapor parciales para cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro u otros compuestos identificados de la etapa (h).

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

El asunto a tratar que se considera como la invención se señala particularmente y se reivindica claramente en las reivindicaciones al término de la especificación. Lo anterior y otras características y ventajas de la invención resultan evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y tomada en conjunto con los dibujos que la acompañan, en los cuales:

La figura 1 representa un diagrama de flujo de bloques que representa gráficamente un procedimiento ejemplar;

La figura 2 es un gráfico de una función de presión de vapor total prevista de una mezcla de gases ejemplar a base de dos compuestos disuelta en un líquido iónico en función de la fracción molar de uno de los compuestos de gas;

La figura 3 es un gráfico de solubilidad de un compuesto gaseoso ejemplar que muestra la fracción molar del compuesto disuelto en solución frente a la presión de vapor a diferentes temperaturas;

La figura 4 es un gráfico de solubilidad de un compuesto gaseoso ejemplar que muestra la fracción molar del compuesto disuelto en solución frente a la presión de vapor a diferentes temperaturas; y

La figura 5 muestra un aparato ejemplar como se describe en el presente documento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En el diagrama de flujo que se muestra en la figura 1 se ilustra un procedimiento ejemplar. Como se muestra en la figura 1, el recuadro 110 del diagrama de flujo implica exponer un líquido que comprende un líquido iónico y/o un disolvente orgánico de baja presión de vapor a una mezcla gaseosa a una primera temperatura y una primera presión hasta que el líquido y la mezcla gaseosa estén en equilibrio, formando así una solución líquida que comprende el líquido iónico y/o el disolvente orgánico de baja presión de vapor y los compuestos de la mezcla gaseosa. A partir de ahí, el flujo del procedimiento se desplaza al recuadro 115, donde la solución líquida se aísla de la mezcla gaseosa, lo que se puede lograr simplemente cerrando una válvula entre un recipiente que contiene el líquido y una conexión de puerto de muestreo a una línea de baja presión de un circuito refrigerante de transferencia de calor.

En el recuadro 120, el procedimiento determina una función de presión de vapor prevista de la solución líquida a una segunda temperatura en función de la concentración de cada uno de los compuestos sujeto y el al menos otro compuesto o compuestos identificados. La presión de vapor prevista de la solución líquida a una concentración molar dada de cada uno de los compuestos es igual a la suma de la presión de vapor de cada compuesto multiplicada por su porcentaje molar dado, en función del número total de moles de los compuestos de la mezcla gaseosa en solución en el líquido. La función o curva de presión de vapor prevista se puede modelar reconociendo primero que el líquido iónico y/o el disolvente orgánico de baja presión de vapor tendrán una contribución insignificante a la presión de vapor, que se puede suponer que es cero. La presión de vapor prevista a cualquier concentración dada se puede determinar fácilmente a partir de perfiles de solubilidad conocidos en el líquido para cada uno de los compuestos identificados de la mezcla gaseosa. Esto puede ilustrarse con un simple ejemplo que implica dos compuestos gaseosos, R-32 y R-125, y un líquido iónico, hexafluorofosfato de 1-butiril-3-metilimidazolio (BMIM/PF<sub>6</sub>).

En este ejemplo ilustrativo, se muestrea una mezcla gaseosa de R-32 y R-125 a 10°C y 10 bares de presión y se pone en contacto con el líquido iónico hasta que alcanza el equilibrio. Se modela una función de presión de vapor prevista a 25°C para compararla con una presión de vapor medida real a 25°C. Esta presión de vapor prevista se puede modelar en función de datos conocidos y/o determinados empíricamente. Los datos de solubilidad para estos compuestos gaseosos en este líquido iónico se describen en la bibliografía de patentes, por ejemplo, US 2007/0131535 A1, cuya divulgación se incorpora al presente documento como referencia en su totalidad. Una parte de estos datos se expone en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1

fracción molar de R125 en la	T=10 °C			T=25 °C		
	P <sub>tot</sub>	R125	R32	P <sub>tot</sub>	R125	R32

muestra de R32/R125	(bar)	$P_i$ (bar)	fracción mol. en BMIM/P F <sub>6</sub>	$P_i$ (bar)	fracción mol. en BMIM/P F <sub>6</sub>	(bar)	$P_i$ (bar)	fracción mol. en BMIM/P F <sub>6</sub>	$P_i$ (bar)	fracción mol. en BMIM/P F <sub>6</sub>
0,1	10	1	0,044	9	0,849	17,6	1,7	0,044	15,9	0,849
0,2	10	2	0,081	8	0,768	16,7	3,1	0,081	13,6	0,768
0,3	10	3	0,122	7	0,685	15,9	4,4	0,122	11,5	0,685
0,4	10	4	0,173	6	0,599	15,4	5,9	0,173	9,5	0,599
0,5	10	5	0,243	5	0,509	15,4	7,7	0,243	7,7	0,509
0,6	10	6	0,340	4	0,417	15,8	9,8	0,340	6,0	0,417
0,7	10	7	0,470	3	0,321	16,4	12,0	0,470	4,4	0,321
0,8	10	8	0,643	2	0,221	17,4	14,5	0,643	2,9	0,221
0,9	10	9	0,865	1	0,117	19,9	18,4	0,865	1,5	0,117

La aplicación de un software de ajuste de curvas disponible comercialmente a estos datos produce una ecuación matemática de orden superior para las presiones de vapor individuales en función de la fracción molar de cada compuesto, que posteriormente se puede combinar matemáticamente para producir una función de la presión de vapor total en función de la fracción molar del R-125, que se representa para este ejemplo ilustrativo a 25°C en el gráfico que se muestra en la figura 2.

Volviendo a la figura 1, el proceso pasa al recuadro 125, en el que se mide la presión de vapor real de la solución líquida a la segunda temperatura. En el nodo de decisión 130, la presión de vapor medida real se compara con la función de presión de vapor prevista para ver si se puede determinar una fracción molar para los compuestos en la solución líquida. Para el ejemplo ilustrativo, como se puede ver en la figura 2, en gran parte del ámbito cubierto por la figura, una presión de vapor total dada puede ser producida por dos perfiles de concentración diferentes. Por ejemplo, una presión de vapor total de 17 bares puede ser producida por una composición con una fracción molar R-125 de aproximadamente 0,18 (y una fracción molar R-32 de aproximadamente 0,82), o una composición con una fracción molar R-125 de aproximadamente 0,78 (y una fracción molar R-32 de aproximadamente 0,22). Para determinar qué perfil de concentración de los compuestos ha producido una presión de vapor medida en particular, se pueden utilizar mediciones de presión de vapor a diferentes temperaturas. Dado que los perfiles de solubilidad en el líquido son diferentes para cada uno de los compuestos, y dado que responden de manera diferente a los cambios de temperatura (véanse, por ejemplo, los gráficos de solubilidad para diferentes temperaturas que se muestran en las figuras 3 y 4 para R-32 y R-125, respectivamente, en BMIM/PF<sub>6</sub>), una medición de presión de vapor a una temperatura diferente a la segunda temperatura solo podrá ser producida por uno de los dos perfiles de concentración potenciales identificados en el recuadro 120 en este ejemplo ilustrativo, que sería el perfil de concentración real de la solución líquida. En la práctica, la ecuación de orden superior de la figura 2 puede almacenarse y utilizarse en un microprocesador para realizar, o una serie de puntos de datos del gráfico de la figura 2 puede almacenarse en una tabla de consulta como se conoce en la técnica.

En un sistema de dos componentes como el sistema R-125/R-32 ilustrativo representado en el presente documento, la medición de la presión de vapor a diferentes temperaturas puede ser la presión y la temperatura a la que se tomó la muestra, en este caso una presión de vapor de 10 bar a 10°C. En mezclas gaseosas más complejas, tales como mezclas ternarias o cuaternarias, se pueden realizar mediciones de presión de vapor a terceras, cuartas temperaturas o temperaturas adicionales, según sea necesario. Como se representa en la figura 1, si el resultado de la consulta del nodo de decisión 130 es que no se puede determinar un perfil de concentración de los compuestos gaseosos disueltos en el líquido, el flujo del proceso vuelve al recuadro 120, donde una función de presión de vapor prevista a una tercera temperatura (o cuarta temperatura o temperaturas adicionales, dependiendo del número de iteraciones de este bucle lógico) se determina de forma similar a la función de presión de vapor prevista a la segunda temperatura. Este bucle se repite hasta que el resultado de la consulta en el nodo de decisión 130 sea que se puede determinar un perfil de concentración de los compuestos gaseosos disueltos en el líquido.

Si la solución líquida se mantuvo en condiciones para mantener todos los compuestos gaseosos disueltos del recuadro 110 en solución (por ejemplo, manteniendo el líquido en un recipiente de volumen fijo con un espacio de vapor insignificante), el perfil de concentración determinado en el recuadro 120 será el mismo que el perfil de concentración inicial producido en el recuadro 110. Aunque no es necesario mantener todos los compuestos gaseosos en solución, hacerlo simplifica enormemente el modelado matemático requerido, ya que no es necesario tener en cuenta las cantidades de compuestos gaseosos que se mueven entre una fase de solución y una fase de vapor a diferentes condiciones de temperatura y presión, cambiando así el perfil de concentración de compuestos gaseosos disueltos en el líquido. El único perfil de concentración resultante del bucle lógico de los recuadros 120, 125 y el nodo de decisión 130 se puede convertir fácilmente a la concentración inicial de los compuestos gaseosos

disueltos en el líquido producido por el muestreo realizado en el recuadro 110, que o bien, es el mismo que el perfil de concentración determinado en el nodo de decisión 130 (en caso de que los compuestos se hayan mantenido en solución durante todo el proceso) o bien, se puede calcular fácilmente.

- 5 A continuación, el flujo del proceso se desplaza al recuadro 135, donde se calcula la presión de vapor parcial para cada uno de los compuestos gaseosos de la mezcla gaseosa. Esto se logra dividiendo el porcentaje molar de cada uno de los compuestos gaseosos del perfil de concentración de compuestos gaseosos disueltos en el líquido resultante del recuadro 110 por la solubilidad en el líquido a la primera temperatura de cada compuesto, respectivamente. A continuación, se puede calcular el porcentaje molar de cada compuesto de la mezcla gaseosa dividiendo la presión de vapor parcial de cada compuesto por la presión de vapor total, que es la presión de la mezcla gaseosa que se muestreó en el recuadro 110 (10 bar en el caso del ejemplo ilustrativo descrito anteriormente).

15 Pasando ahora a la figura 5, se muestra un aparato ejemplar 505 para realizar el muestreo de gas y las mediciones de temperatura y presión del procedimiento descrito anteriormente. El aparato de la figura 5 tiene un recipiente 510 lleno de un líquido iónico y/o disolvente orgánico a baja presión de vapor 515. Se observa que, aunque el recipiente 510 se muestra en la figura 5 parcialmente lleno de líquido iónico y/o disolvente orgánico de baja presión de vapor 515 con fines ilustrativos, en algunas de las realizaciones descritas anteriormente, el recipiente 510 está completamente lleno, dejando un espacio de vapor insignificante. El sensor de temperatura 520 está dispuesto en la parte inferior del recipiente 510, y el sensor de presión 525 está dispuesto en la parte superior. El puerto de muestreo 530 está configurado para conectarse a un puerto de muestreo correspondiente en un circuito de circulación de refrigerante, y tiene una válvula 535 que se puede abrir para tomar muestras y cerrar para aislar la solución líquida de la mezcla gaseosa una vez que los dos hayan alcanzado el equilibrio durante el proceso de muestreo. La válvula de aislamiento 540 puede abrirse selectivamente durante el funcionamiento y cerrarse en otros momentos, tales como para mantener el vacío en el recipiente 510 cuando no está en uso.

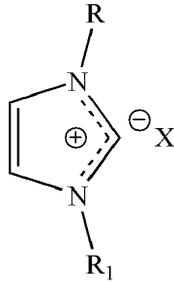
Un aparato como el que se representa en la figura 5 también puede incluir un controlador (que no se muestra en la figura) en comunicación con diversos componentes del aparato, tales como el sensor de temperatura 520 y el sensor de presión 525. El controlador se puede configurar (es decir, puede incluir software que contiene instrucciones) para realizar varias etapas del proceso descrito anteriormente para determinar las concentraciones de compuestos en una mezcla gaseosa. El controlador también puede estar en comunicación con componentes tales como la válvula 535, comunicación que puede ser directa (por ejemplo, comunicación directa entre el controlador y un actuador para la válvula 535) o indirecta (por ejemplo, comunicación con un operario humano de un aparato a través de un interfaz de comunicación, tal como una pantalla digital, que indica al operario que abra o cierre la válvula 535) para realizar etapas como aislar el líquido de la mezcla gaseosa después del muestreo.

En algunas realizaciones, las etapas de procedimiento descritas anteriormente se realizan en el orden mencionado anteriormente. Sin embargo, se pueden aceptar algunas variaciones en el orden sin afectar negativamente el rendimiento. Por ejemplo, no es crítico si la medición de presión a la segunda temperatura se realiza antes o después de determinar una función de presión de vapor prevista de los compuestos identificados en solución a esa temperatura. En algunos casos, la segunda temperatura puede predeterminarse como la temperatura ambiente del entorno. En algunas realizaciones, el controlador puede determinar la segunda temperatura o temperaturas adicionales a las que se tomarán las mediciones de presión de vapor en función de la disponibilidad de datos de solubilidad a ciertas temperaturas o en función de las temperaturas a las que los datos de solubilidad indican que es probable que las lecturas de presión produzcan resultados que se combinan fácilmente con mediciones de presión a otras temperaturas para eliminar el tipo de soluciones múltiples que se muestran en la figura 2.

Los líquidos iónicos y los disolventes orgánicos de baja presión de vapor contribuyen con poca o ninguna presión de vapor propia, de modo que las mediciones de presión de vapor reflejan la presión de vapor producida por los compuestos gaseosos disueltos en el líquido y reducen al mínimo la posibilidad de contaminación por vapor del líquido que se transfiere a la mezcla de gas que se está muestreando.

Los líquidos iónicos son bien conocidos y han sido objeto de importantes estudios e investigaciones. Los líquidos iónicos tienden a ser estables al aire y al agua. Los cationes ejemplares para líquidos iónicos utilizados en las realizaciones descritas en el presente documento incluyen, sin limitación, imidazolio (por ejemplo, 1-etil-3-metilimidazolio, 1-etil-2,3-dimetilimidazolio, 1-butil-3-metilimidazolio ("BMI"), 1-hexil-3-metilimidazolio ("HMI"), piridinio (p. ej., N-metilpiridinio), tetraalquilamonio, pirrolidinio (p. ej., 1-butil-1-metil-pirrolidinio ("BMPyr"), trialkilsulfonio (p. ej., trietilsulfonio), pirazolio, triazolío, tiazolio, oxazolío, piridazínio, pirimidinio, pirazínio. Los aniones ejemplares para líquidos iónicos utilizados en las realizaciones descritas en el presente documento incluyen, sin limitación, tetrafluoroborato ( $\text{BF}_4$ ), hexafluorofosfato ( $\text{PF}_6$ ), trifluorometanosulfonato ( $\text{CF}_3\text{SO}_3$ ), trifluoroetanoato, nitrato,  $\text{SCN}$ ,  $\text{HSO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{SO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{O})_2\text{POO}$ ,  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$ , dicianamida,  $(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_2)_2\text{N}$ , L-(+)-lactato,  $\text{CH}_3\text{SO}_4$ , y  $\text{CH}_3\text{COO}$ , y similares.

En algunas realizaciones ejemplares, el líquido iónico tiene un catión que es un imidazolio, y más específicamente el líquido iónico tiene la fórmula:



donde R y R<sub>1</sub> se seleccionan independientemente de entre H, un grupo alquilo no sustituido o sustituido que tiene de 1 a 30 átomos de carbono, o un grupo arilo no sustituido o sustituido que tiene de 6 a 30 átomos de carbono. X<sup>⊖</sup> es un grupo aniónico, como se describió anteriormente, que se asocia con imidazolio para formar un par catión/anión de líquido iónico.

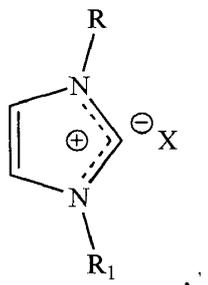
Los disolventes orgánicos de baja presión de vapor también son bien conocidos en la técnica. En algunas realizaciones ejemplares, el disolvente orgánico de baja presión de vapor tiene una presión de vapor de menos de 0,01 mmHg a 25°C. Los ejemplos de disolventes orgánicos de baja presión de vapor incluyen aceite mineral, aceites de polioléster, alcoholes grasos, ácidos grasos y aceites a base de hidrocarburos de hasta 40 átomos de carbono.

Aunque la invención se ha descrito en detalle en relación con únicamente un número limitado de realizaciones, debe entenderse fácilmente que la invención no se limita a tales realizaciones descritas. En vez de eso, la invención puede modificarse para incorporar cualquier número de variaciones, alteraciones, sustituciones o disposiciones equivalentes no descritas aquí, pero que se corresponden con el espíritu y el alcance de la invención. Adicionalmente, aunque se han descrito varias realizaciones de la invención, debe comprenderse que los aspectos de la invención pueden incluir solo algunas de las realizaciones descritas. Por tanto, la invención no debe verse como limitada por la anterior descripción, sino que está solo limitada por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para medir la concentración de un compuesto sujeto identificado en una mezcla gaseosa que comprende el compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados que comprende:
- exponer un líquido que comprende un líquido iónico y/o un disolvente orgánico de baja presión de vapor a la mezcla gaseosa a una primera temperatura y una primera presión hasta que el líquido y la mezcla gaseosa estén en equilibrio, formando así una solución líquida que comprende el líquido iónico y/o el disolvente orgánico de baja presión de vapor, el compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos;
  - aislar la solución líquida de la mezcla gaseosa;
  - determinar una función de presión de vapor prevista de la solución líquida a una segunda temperatura en función de la concentración de cada uno de los compuestos sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados, donde la presión de vapor prevista de la solución líquida a una concentración molar dada de cada uno de los compuestos es igual a la suma de la presión de vapor de cada compuesto multiplicada por su porcentaje molar dado basándose en el número total de moles del compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados en solución en el líquido ;
  - medir la presión de vapor de la solución líquida a la segunda temperatura;
  - comparar la presión de vapor medida de la solución líquida a la segunda temperatura con la función de presión de vapor prevista de la solución líquida a la segunda temperatura e identificar todos los perfiles de concentración molar del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido para el cual la presión de vapor medida es igual a la presión de vapor prevista;
  - si más de un perfil de concentración molar del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido proporciona una presión de vapor prevista que es igual a la presión de vapor medida a la segunda temperatura, repetir las etapas (c) - (e) a diferentes temperaturas hasta que un único perfil de concentración molar proporcione una presión de vapor prevista que sea igual a la presión de vapor medida a cada una de las segundas temperaturas adicionales;
  - convertir el único perfil de concentración resultante de la etapa (e) o la etapa (f) mediante la solubilidad en el líquido a la primera temperatura de cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto o compuestos identificados, respectivamente, en un perfil de concentración del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido resultante de la etapa (a);
  - calcular una presión de vapor parcial para cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto o compuestos identificados en la mezcla gaseosa dividiendo el porcentaje molar de cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto identificado o compuestos en; y
  - calcular un porcentaje molar del compuesto sujeto identificado en la mezcla gaseosa dividiendo la presión de vapor parcial del compuesto sujeto identificado de la etapa (h) por la suma de las presiones de vapor parciales para cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro u otros compuestos identificados de la etapa (h).
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además calcular un porcentaje molar para cada uno de al menos otro compuesto o compuestos identificados dividiendo la presión de vapor parcial de cada uno de al menos otro compuesto o compuestos identificados de la etapa (g) por la suma de las presiones de vapor parciales de cada uno de los compuestos sujeto identificados y de al menos otro compuesto o compuestos identificados de la etapa (g).
3. El procedimiento de las reivindicaciones 1 o 2, donde el líquido se aísla en la etapa (b) en un recipiente con un espacio de vapor insignificante.
4. El procedimiento de la reivindicación 3, donde el líquido se mantiene en el recipiente con un espacio de vapor insignificante a lo largo de las etapas (c) - (f) en condiciones de temperatura y presión para mantener en solución en el líquido todo el compuesto sujeto identificado disuelto y todo el al menos otro compuesto o compuestos identificados disueltos.
5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde el volumen del recipiente se mantiene constante a lo largo de las etapas (c) - (f).
6. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde la segunda temperatura y cada una de dichas temperaturas diferentes son, cada una, más altas que la primera temperatura.
7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde el líquido comprende un líquido iónico.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, donde el líquido iónico comprende uno o más aniones seleccionados de entre el grupo que consiste en Cl, Br, BF<sub>4</sub>, PF<sub>6</sub>, AlCl<sub>4</sub>, SCN, HSO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>O)<sub>2</sub>POO, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N, dicianamida, CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>, (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N, L-(+)-lactato, CH<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>, y CH<sub>3</sub>COO y un imidazolio, piridinio, tetralquilamonio, pirrolidinio, trialquilsulfonio, pirazolío, triazolío, tiazolío, oxazolío, piridazinio,

pirimidinio o catión de pirazinio o el líquido iónico comprende uno o más cationes según la fórmula:



5 donde

R y R1 son independientemente H, alquilo sustituido o no sustituido de 1 a 30 átomos de carbono, o arilo sustituido o no sustituido de 6 a 30 átomos de carbono; y X es un anión.

10

9. El procedimiento de la reivindicación 8, donde R se selecciona de entre el grupo que consiste en  $-(CH_2)_3CH_3$ ,  $-CH_2CH_3$ ,  $-CH_3$ ,  $-CH=CH_2$ ,  $-CH_2CN$ , y  $-(CH_2)_3CN$ , y R<sub>1</sub> se selecciona de entre el grupo que consiste en H,  $-CH_3$ ,  $-CH_2CN$ , and  $-(CH_2)_3CN$ .

15 10.

El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde el líquido comprende un disolvente orgánico de baja presión de vapor.

11. El procedimiento de la reivindicación 10, donde el disolvente orgánico de baja presión de vapor tiene una presión de vapor de menos de 0,01 mm Hg a 25°C.

20

12. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-11, donde la mezcla gaseosa es una mezcla refrigerante en un circuito de transferencia de calor de un sistema de refrigeración.

13. Un aparato para determinar la concentración de un compuesto sujeto identificado en una mezcla gaseosa que comprende el compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados, que comprende

25

un recipiente que tiene un líquido en su interior que comprende un líquido iónico y/o un disolvente orgánico de baja presión de vapor;

un sensor de temperatura para medir la temperatura del líquido del recipiente;

30

un sensor de presión para medir la presión de vapor del líquido;

un puerto de muestreo en comunicación fluida interrumpible con el interior del recipiente; y

un controlador configurado para:

(a) comunicación fluida abierta entre el puerto de muestreo y el contenedor cuando el puerto de muestreo está conectado a la mezcla gaseosa para exponer el líquido del recipiente a la mezcla gaseosa a una primera temperatura y una primera presión hasta que el líquido y la mezcla gaseosa estén en equilibrio, formando así una solución líquida que comprende el líquido iónico y/o el disolvente orgánico de baja presión de vapor, el compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos;

35

(b) interrumpir la comunicación fluida entre el puerto de muestreo y el recipiente para aislar la solución líquida de la mezcla gaseosa;

40

(c) determinar una función de presión de vapor prevista de la solución líquida a una segunda temperatura, que puede ser igual o diferente a la primera temperatura, en función de la concentración de cada uno de los compuestos sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados, donde la presión de vapor prevista de la solución líquida a una concentración molar dada de cada uno de los compuestos es igual a la suma de la presión de vapor de cada compuesto multiplicada por su porcentaje molar dado basándose en el número total de moles del compuesto sujeto y al menos otro compuesto o compuestos identificados en solución en el líquido;

45

(d) registrar una presión de vapor medida de la solución líquida detectada por el sensor de presión a la segunda temperatura;

(e) comparar la presión de vapor medida de la solución líquida a la segunda temperatura con la función de presión de vapor prevista de la solución líquida a la segunda temperatura e identificar todos los perfiles de concentración molar del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido para el cual la presión de vapor medida es igual a la presión de vapor prevista;

50

(f) si más de un perfil de concentración molar del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido proporciona una presión de vapor prevista que es igual a la presión de vapor medida a la segunda temperatura, repetir las etapas (c) - (e) a diferentes temperaturas hasta que un único perfil de concentración molar proporcione una presión de vapor prevista que sea igual a la presión de vapor

55

medida a cada una de las segundas temperaturas adicionales;

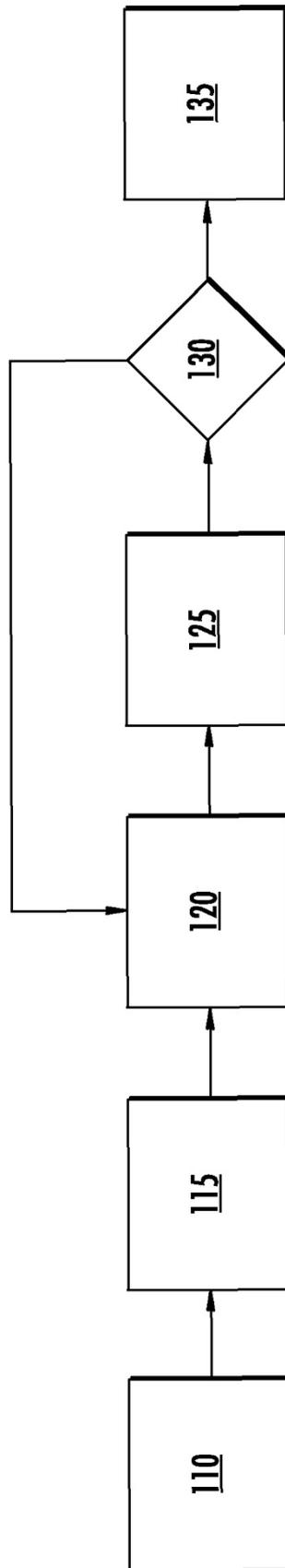
(g) convertir el único perfil de concentración resultante de la etapa (e) o la etapa (f) mediante la solubilidad en el líquido a la primera temperatura de cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto o compuestos identificados, respectivamente, en un perfil de concentración del compuesto sujeto identificado y al menos otro compuesto o compuestos identificados en el líquido resultante de la etapa (a);

5 (h) calcular una presión de vapor parcial para cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto o compuestos identificados en la mezcla gaseosa dividiendo el porcentaje molar de cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro compuesto identificado o compuestos en; y

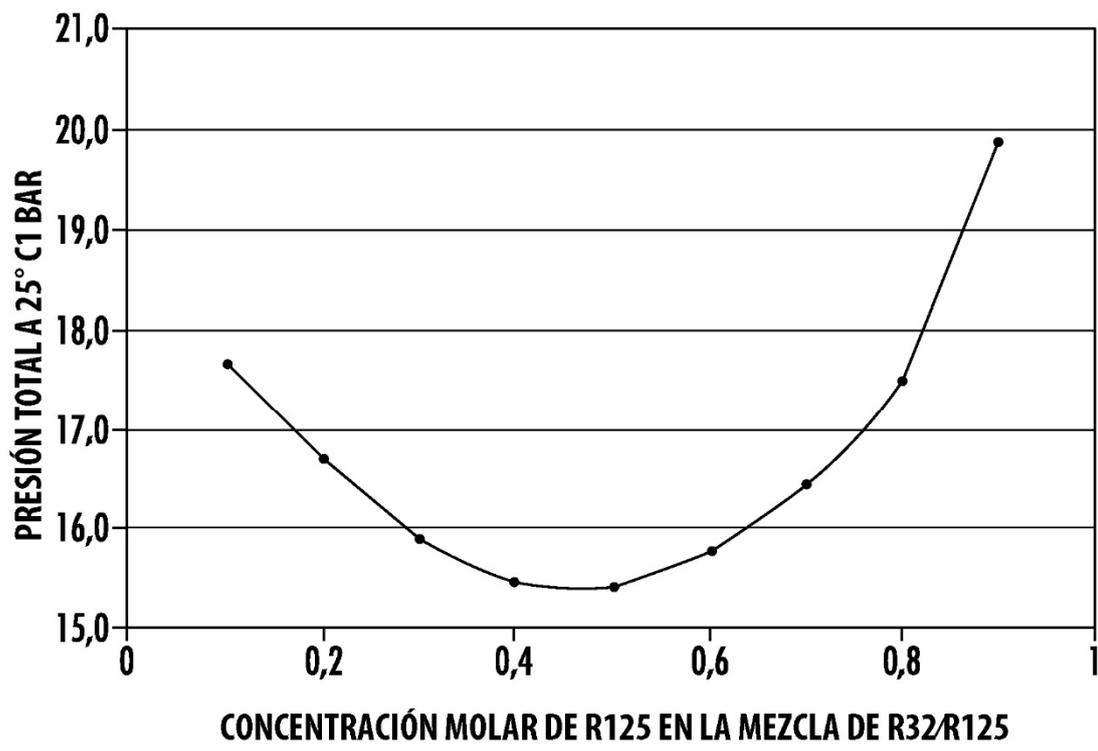
10 (i) calcular un porcentaje molar del compuesto sujeto identificado en la mezcla gaseosa dividiendo la presión de vapor parcial del compuesto sujeto identificado de la etapa (h) por la suma de las presiones de vapor parciales para cada uno de los compuestos sujeto identificados y al menos otro u otros compuestos identificados de la etapa (h).

14. El aparato de la reivindicación 13, donde el líquido llena el recipiente, dejando un espacio de vapor  
15 insignificante.

15. El aparato de las reivindicaciones 13 o 14, donde el líquido comprende un líquido iónico, y, preferiblemente, donde el líquido comprende un disolvente orgánico de baja presión de vapor.



**FIG. 1**



**FIG. 2**

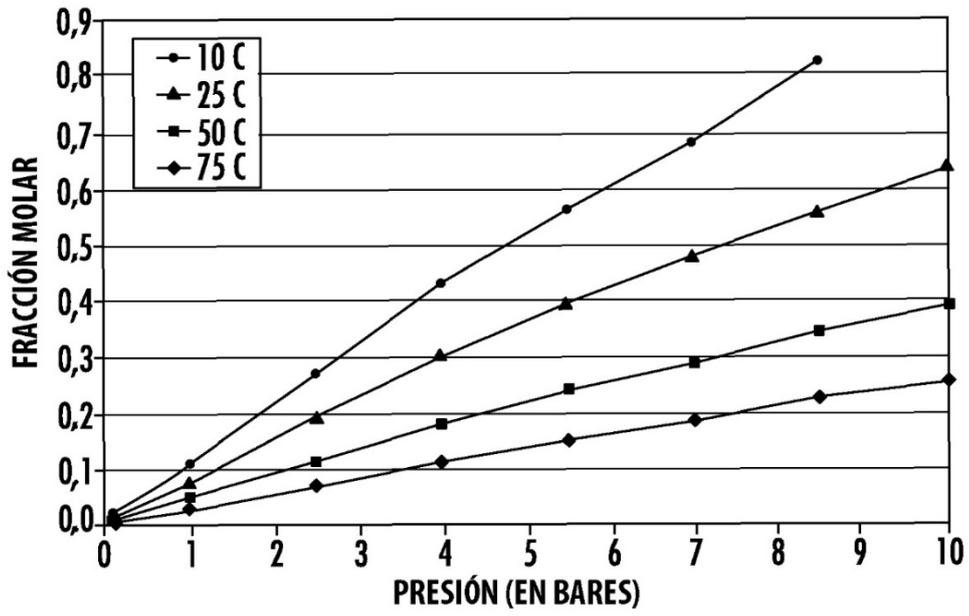


FIG. 3

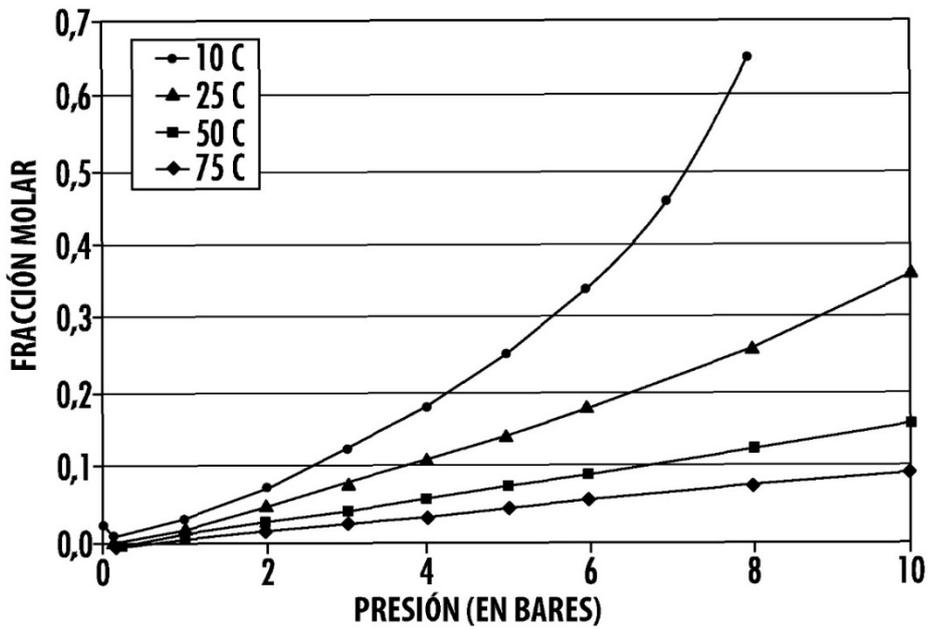


FIG. 4

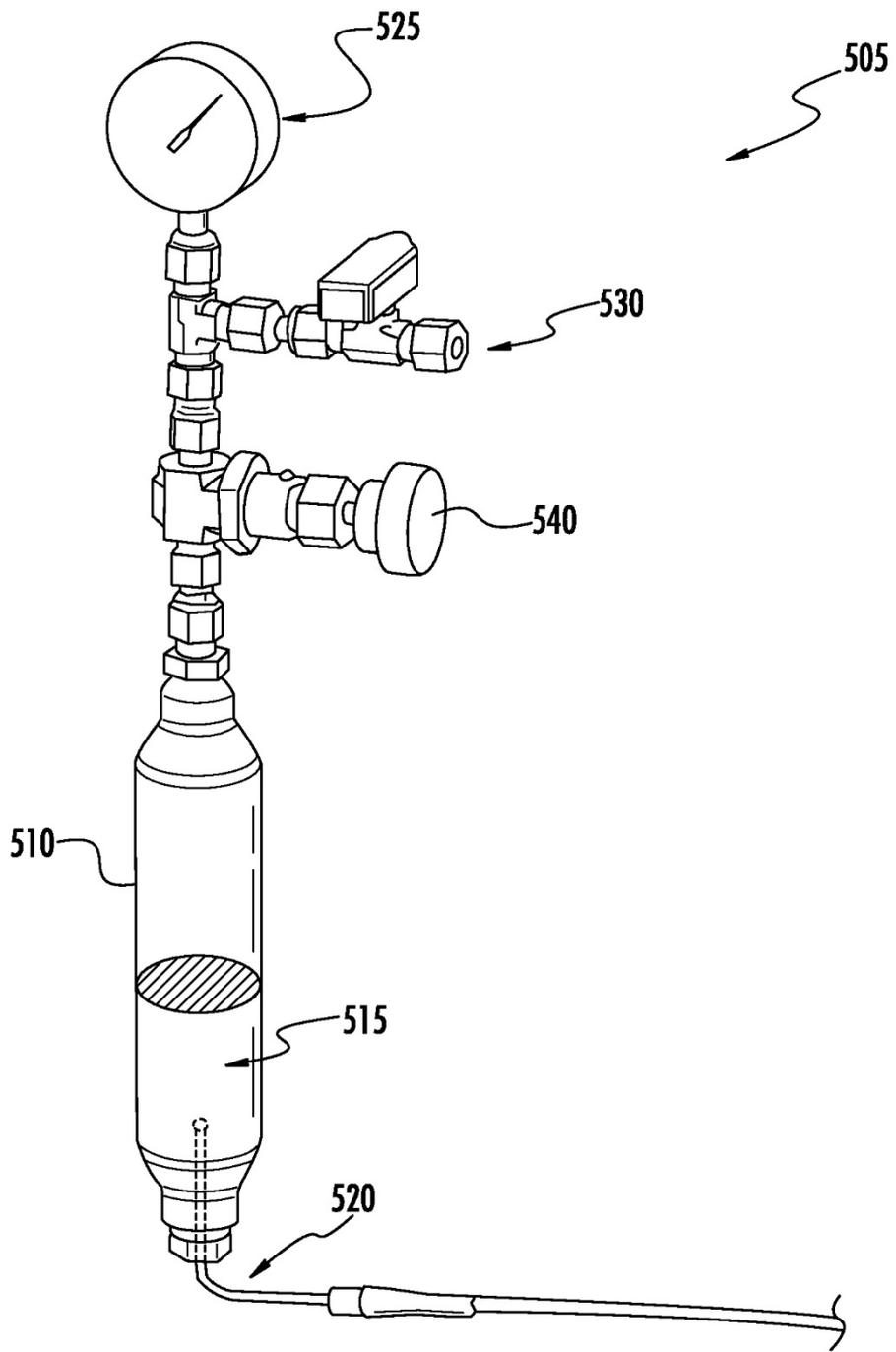


FIG. 5